

Rec'd PCT/PTO 21 DEC. 2004

PCT/JP 03/07256

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

09.05.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年 6月26日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-185889
[ST. 10/C]: [JP2002-185889]

REC'D 25 JUL 2003

WIPO

PCT

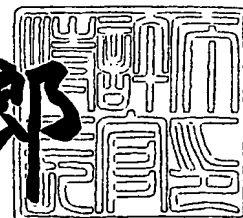
出 願 人
Applicant(s): 日産自動車株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 7月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3055064

【書類名】 特許願

【整理番号】 NM01-01378

【提出日】 平成14年 6月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01M 8/04
H01M 8/10

【発明の名称】 燃料電池システム

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会社
社内

【氏名】 ▲たか▼橋 直樹

【特許出願人】

【識別番号】 000003997

【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075513

【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 政喜

【選任した代理人】

【識別番号】 100084537

【弁理士】

【氏名又は名称】 松田 嘉夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019839

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706786

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料電池システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体高分子型燃料電池システムにおいて、
ガス流通路を通じて発電面に供給される水素含有ガスと酸化剤ガスを用いた水の生成を伴う反応により発電を行う燃料電池と、
電気負荷を含む、前記燃料電池から電流を取り出す電気回路と、
前記燃料電池から取り出す電流値を制御するコントローラと、
前記燃料電池の凍結状態を判断する凍結判断手段と、を備え、
前記燃料電池が凍結していると判断されたら、前記燃料電池から電流をパルス状に取り出す低温始動運転を行うことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

前記低温始動運転時に、前記燃料電池のカソード極へ継続的に酸化剤ガスを供給する請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

前記低温始動運転時に、前記カソード極に供給する酸化剤ガス量を前記反応に寄与する酸素を賄う酸化剤ガス量より多くする請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

前記酸化剤ガスは空気であり、
前記低温始動運転時に、前記カソード極に供給する空気量を前記反応に寄与する酸素を賄う空気量の少なくとも 1.8 倍とする請求項 3 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

前記燃料電池から電流を取り出す時間を示すパルス幅と、前記燃料電池からの電流の取り出しを中断する時間を示すパルス間隔を制御する請求項 1 から 4 のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

前記燃料電池の温度を検出する燃料電池温度センサを備え、
前記燃料電池の温度が低いほど前記パルス幅を小さくする請求項 5 に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】

前記燃料電池の温度を検出する燃料電池温度センサを備え、
前記燃料電池の温度が低いほど前記パルス間隔を大きくする請求項 5 または 6 に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】

前記燃料電池の電圧を測定する電圧検出手段を備え、
前記燃料電池の電圧値が所定値を下まわった際に前記燃料電池からの電流の取り出しを中断する請求項 5 に記載の燃料電池システム。

【請求項 9】

前記燃料電池の低温始動運転開始からの経過時間を測定するタイマーを備え、
前記経過時間が長くなるにしたがって前記パルス幅を大きくする請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 10】

前記燃料電池の低温始動運転開始からの経過時間を測定するタイマーを備え、
前記経過時間が長くなるにしたがって前記パルス間隔を小さくする請求項 2 または 9 に記載の燃料電池システム。

【請求項 11】

燃料電池システムの外気温度を測定する外気温度センサを備え、
外気温度が低いほど前記燃料電池の低温始動運転開始時の前記パルス幅を小さくする請求項 5、9、10 のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項 12】

燃料電池システムの外気温度を測定する外気温度センサを備え、
外気温度が低いほど前記燃料電池の低温始動運転開始時の前記パルス間隔を大きくする請求項 5 または 9 から 11 のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項 13】

前記燃料電池からパルス状に取り出す電流値を、前記燃料電池の拡散過電圧に

よる電圧降下が顕著となる電流値とする請求項 1 から 12 のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項 14】

前記燃料電池のアノード極に供給する水素含有ガスの流量を調整する流量調整弁と、

前記アノード極からの排出ガスを排出するための排出流路と、

前記アノード極からの排出ガスを前記アノード極の上流側に還流する還流流路と、

前記アノード極の下流に配置され、前記アノード極からの排出ガスの供給先を前記排出流路側と前記還流流路側とに切り替える切替え弁と、を備え、

前記低温始動運転時には、前記切替え弁を前記還流流路側に設定し、前記アノード極に所定圧力以上の水素含有ガスを供給したら前記流量調整弁を閉じ、前記アノード極内の水素含有ガス圧力が所定値を下まわったら前記流量調整弁を開いて前記アノード極に水素含有ガスを供給する請求項 1 から 13 のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項 15】

前記水素含有ガスおよび酸化剤ガスを以て用いた反応により生じるエネルギー以外をエネルギー源とした前記燃料電池の加温手段を備えた請求項 1 から 14 のいずれか一つに記載の燃料電池システム。

【請求項 16】

前記燃料電池が凍結していると判断されたら、

前記加温手段により前記燃料電池の温度を氷点以下の所定温度まで上昇させ、その後、前記燃料電池の発電に伴う熱を用いて前記燃料電池の解凍、昇温を行う請求項 15 に記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、燃料電池システムに関する、特に、燃料電池システム起動時の燃料電池昇温手段に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

固体高分子型燃料電池（以下、燃料電池）は、固体高分子電解質膜の両面にそれぞれ触媒およびガス拡散層を重ねてアノード極とカソード極の両極を構成した MEA と呼ばれる膜電極接合体と、この両側に燃料ガスまたは酸化剤ガスを供給するための流路が溝状に形成されたカーボンまたは金属等の板により構成されるバイポーラプレートを積層して構成する。

【 0 0 0 3 】

燃料電池で発電を行う際には固体高分子膜が水分を含んでいる必要があり、この膜中の水分を保つために、燃料電池に供給する燃料ガスおよび酸化剤ガスを加湿して供給することが一般的である。また、カソード極では発電に伴って純水が生成されるため、酸化剤ガス側の流路には水分が含まれる。さらに、燃料電池には通常、発電に伴い発生した熱を冷却するための冷却水を循環させる循環路が形成されているが、この冷却水として純水を用いる場合がある。このように、燃料電池内部には、様々な部分に純水が含まれている。

【 0 0 0 4 】

このような燃料電池は、停止したままで氷点下の環境に長時間放置されると内部の純水が凍結してしまうので、このような状態から燃料電池を起動する際には、凍結状態にある燃料電池を解凍する必要がある。

【 0 0 0 5 】

特開 2 0 0 0 - 3 1 5 5 1 4 号公報においては、始動時に高温の流体を導入して燃料電池を解凍している。ここでは、解凍時に外部エネルギーにより生成した高温の流体を燃料電池に送り込み、燃料電池を昇温してから燃料電池における発電を開始してエネルギーを取り出す。そのため、昇温のための高温流体を生成するヒータのエネルギー、流体を燃料電池に送り込むためのポンプ等の補器類の駆動エネルギーはバッテリー等に貯蔵しなければならない、大量のバッテリーが必要となる。また、昇温のためのヒータにはバーナ等を用いることもできるが、低温始動時専用のバーナを備える必要があるのでシステムが複雑化すると共に、バーナで消費する燃料による燃料効率の悪化という問題がある。

【0006】

そこで、特表2000-512068号においては、燃料電池が凍結した状態から発電を開始し、発電に伴う発熱で燃料電池を解凍して通常運転が可能な温度まで昇温している。これは、解凍のためのヒータ等の補器類を必要とせず、また、解凍時にも燃料電池から電気エネルギーを取り出し、始動時に消費する燃料の一部を発電に利用しているので、燃料効率を向上することができる。

【0007】

【発明が解決しようとしている問題点】

しかしながら、凍結した状態から燃料電池における発電を開始し、発電に伴う発熱により解凍を行う方法、例えば特表2000-512068号では、以下に述べる技術的問題点がある。

【0008】

燃料電池が凍結した状態、特に燃料電池全体が水の凝固点よりもかなり低い温度である場合に発電を開始すると、カソード極で生成された水は燃料電池自身と熱交換することにより急速に冷却されて液相または固相となる。この液相または固相の生成水により、カソード極側のガス流路またはガス拡散層が塞がれ、カソード極の電極面に酸化剤ガスを十分に供給することができなくなる。この結果、発電反応を十分に行うことができなくなり、発電量が低減し、かつ、燃料電池の昇温時間が延長する。

【0009】

また、発電により燃料電池自身を加温する際には、電流値を大きくして単位時間あたりの発熱量を大きくしたいという要求がある。しかしながら、上記の生成水の水詰まりによって発電が困難になる現象は、燃料電池から取り出される電流値が大きく、単位時間あたりに多くの水がカソード極に生成される場合に顕著である。そのため、現実的には生成水が詰まらないような低電流値の運転に限られ、発電に伴う発熱により燃料電池を昇温させるには非常に長い時間がかかり、低温始動方法として非現実的である。

【0010】

この水詰まりによって発電が困難となる問題は、始動開始時の燃料電池の温度

が低いほど、また、発電時の電流値が大きいほど顕著であるが、燃料電池システムにはより低い温度から短時間で始動されることが望まれている。

【0011】

そこで本発明は、低温時に水詰まりにより発電が不可となる問題を緩和し、より低い温度からより短時間で燃料電池を始動させることを目的としている。

【0012】

【問題点を解決するための手段】

第1の発明は、固体高分子型燃料電池システムにおいて、ガス流通路を通じて発電面に供給される水素含有ガスと酸化剤ガスを用いた水の生成を伴う反応により発電を行う燃料電池と、電気負荷を含む、前記燃料電池から電流を取り出す電気回路と、前記燃料電池から取り出す電流値を制御するコントローラと、前記燃料電池の凍結状態を判断する凍結判断手段と、を備え、前記燃料電池が凍結していると判断されたら、前記電気負荷により前記燃料電池から電流をパルス状に取り出す低温始動運転を行う。

【0013】

第2の発明は、第1の発明において、前記低温始動運転時に、前記燃料電池のカソード極へ継続的に酸化剤ガスを供給する。

【0014】

第3の発明は、第2の発明において、前記低温始動運転時に、前記カソード極に供給する酸化剤ガス量を前記反応に寄与する酸素を賄う酸化剤ガス量より多くする。

【0015】

第4の発明は、第3の発明において、前記酸化剤ガスは空気であり、前記低温始動運転時に、前記カソード極に供給する空気量を前記反応に寄与する酸素を賄う空気量の少なくとも1.8倍とする。

【0016】

第5の発明は、第1から4のいずれか一つの発明において、前記燃料電池から電流を取り出す時間を示すパルス幅と、前記燃料電池からの電流の取り出しを中断する時間を示すパルス間隔を制御する。

【0017】

第6の発明は、第5の発明において、前記燃料電池の温度を検出する燃料電池温度センサを備え、前記燃料電池の温度が低いほど前記パルス幅を小さくする。

【0018】

第7の発明は、第5または6の発明において、前記燃料電池の温度を検出する燃料電池温度センサを備え、前記燃料電池の温度が低いほど前記パルス間隔を大きくする。

【0019】

第8の発明は、第5の発明において、前記燃料電池の電圧を測定する電圧検出手段を備え、前記燃料電池の電圧値が所定値を下まわった際に前記燃料電池からの電流の取り出しを中断する。

【0020】

第9の発明は、第5の発明において、前記燃料電池の低温始動運転開始からの経過時間を測定するタイマーを備え、前記経過時間が長くなるにしたがって前記パルス幅を大きくする。

【0021】

第10の発明は、第5または9の発明において、前記燃料電池の低温始動運転開始からの経過時間を測定するタイマーを備え、前記経過時間が長くなるにしたがって前記パルス間隔を小さくする。

【0022】

第11の発明は、第5、9、10燃料電池システムの外気温度を測定する外気温度センサを備え、外気温度が低いほど前記燃料電池の低温始動運転開始時の前記パルス幅を小さくする。

【0023】

第12の発明は、第5または9から11のいずれか一つの発明において、燃料電池システムの外気温度を測定する外気温度センサを備え、外気温度が低いほど前記燃料電池の低温始動運転開始時の外気温度が低いほど前記パルス間隔を大きくする。

【0024】

第13の発明は、第1から12のいずれか一つの発明において、前記燃料電池からパルス状に取り出す電流値を、前記燃料電池の拡散過電圧による電圧降下が顕著となる電流値とする。

【0025】

第14の発明は、第1から13のいずれか一つの発明において、前記アノード極に供給する水素含有ガスの流量を調整する流量調整弁と、前記アノード極からの排出ガスを排出するための排出流路と、前記アノード極からの排出ガスを前記燃料電池のアノード極の上流側に還流する還流流路と、前記アノード極の下流に配置され、前記アノード極からの排出ガスの供給先を前記排出流路側と前記還流流路側とに切り替える切替え弁と、を備え、前記低温始動運転時には、前記切替え弁を前記還流流路側に設定し、前記アノード極に所定圧力以上の水素含有ガスを供給したら前記流量調整弁を閉じ、前記アノード極内の水素含有ガス圧力が所定値を下まわったら前記流量調整弁を開いて前記アノード極に水素含有ガスを供給する。

【0026】

第15の発明は、第1から14のいずれか一つの発明において、前記水素含有ガスおよび酸化剤ガスを用いた反応により生じるエネルギー以外をエネルギー源とした前記燃料電池の加温手段を備えた。

【0027】

第16の発明は、第15の発明において、前記燃料電池が凍結していると判断されたら、前記加温手段により前記燃料電池の温度を氷点以下の所定温度まで上昇させ、その後、前記燃料電池の発電に伴う熱を用いて前記燃料電池の解凍、昇温を行う。

【0028】

【作用及び効果】

第1の発明によれば、燃料電池が凍結していると判断されたら燃料電池から電流をパルス状に取り出す低温始動運転を行うので、発電時の反応効率を下げて発熱量を増大することができ、総生成水量を減らして水詰まりを防ぎつつ速やかに燃料電池を昇温させることができる。

【0029】

第2の発明によれば、燃料電池の低温始動運転時には、カソード極へ継続的に酸化剤ガスを供給することで、カソード極の生成水の排出を促進することができる。

【0030】

第3または4の発明によれば、燃料電池低温始動運転時に、カソード極に供給する酸化剤ガス量を反応に寄与する酸素を賄う酸化剤ガス量より多くする、そして酸化剤ガスが空気であれば少なくともその1.8倍とすることで、燃料電池内の水詰まりを防止しまたは速やかに解消することができる。

【0031】

第5の発明によれば、燃料電池から電流を取り出す時間を示すパルス幅と、燃料電池からの電流の取り出しを中断する時間を示すパルス間隔を制御することで、ガス流通路の水詰まりを避けて効率よく燃料電池を昇温することができる。

【0032】

第6または7の発明によれば、燃料電池の温度が低いほどパルス幅を小さくする、あるいは、パルス間隔を大きくすることで、水詰まりの生じ易い低温領域でもガス流通路の閉塞を防ぎ、速やかな昇温を行うことができる。

【0033】

第8の発明によれば、燃料電池の電圧値が所定値を下まわった際に燃料電池からの電流の取り出しを中断することで燃料電池の損傷等を確実に回避し、速やかに昇温することができる。

【0034】

第9または10の発明によれば、経過時間が長くなるにしたがってパルス幅を大きくする、あるいは、パルス間隔を小さくすることで、燃料電池の水詰まりが生じ難い状態では発電時間を長く設定することができ、さらに効率よく燃料電池を昇温することができる。

【0035】

第11または12の発明によれば、外気温度が低いほど燃料電池の低温始動運転開始時のパルス幅を小さくする、あるいは、パルス間隔を大きくすることで、

外気温度の影響を加味してより正確に電流値を制御することができる。したがって、発熱量を増加することができるので、昇温時間を短縮することができる。

【0036】

第13の発明によれば、パルス状に取り出す電流値を燃料電池の拡散過電圧による電圧降下が顕著となる電流値とすることで、発電による発熱量を増加することができる。

【0037】

第14の発明によれば、切替え弁を還流流路側に設定し、アノード極に所定圧力以上の水素含有ガスを供給したら流量調整弁を閉じ、アノード極内の水素含有ガス圧力が所定値を下まわったら流量調整弁を開いてアノード極に水素含有ガスを供給することで、パルス状の電流に応じて水素含有ガスを断続して供給する必要がなくなるので、水素含有ガスを供給するための制御が容易になる。

【0038】

第15の発明によれば、水素含有ガスおよび酸化剤ガスを用いた反応により生じるエネルギー以外をエネルギー源とした燃料電池の加温手段を備えることで、発電による発熱に加えて加温手段により昇温することができるので、燃料電池を速やかに昇温させることができる。

【0039】

第16の発明によれば、加温手段により燃料電池の温度を氷点以下の所定温度まで上昇させ、その後、燃料電池の発電に伴う熱を用いて燃料電池の解凍、昇温を行うことで、比較的小さい顕熱分を加温手段で賄い、比較的大きな潜熱分は燃料電池の発電に伴う発熱で賄うので、燃料電池の昇温に消費されるエネルギー量を抑えることができる。

【0040】

【発明の実施の形態】

第1の実施形態における燃料電池システムの構成を図1に示す。本実施形態では、車両搭載用の燃料電池システムとする。なお、ここでいう発電は、燃料電池1における発電反応で生成した電力を取り出すまでの動作を示し、発電反応は燃料電池1における電気化学反応を示す。

【0041】

燃料電池1のアノード極2には、図示しない水素タンクから配管3を通じ、流量調整弁4およびエジェクタポンプ8を介して水素（水素含有ガス）が供給される。アノード極2で反応に用いられなかった余剰の水素ガスは排気口5から系外に排出されるか、あるいは切替え弁6から還流流路7に導かれて、アノード極2の上流側に配置したエジェクタポンプ8に供給されて、再びアノード極2に供給される。

【0042】

一方、燃料電池1のカソード極9には、図示しない空気取り入れ口およびエアフィルタから配管10を通じてブロア11に導かれた空気（酸化剤ガス）が圧送される。反応に用いられなかった空気は排気口12から系外に排出される。

【0043】

燃料電池1の積層方向両端の集電板には負荷電線13および14を接続し、負荷電線13、14にはさらに電気負荷15を接続して電気回路を構成する。なお、電気負荷15は、車輛用のモータ、モータに電力を供給するインバータ、燃料電池1に空気を供給するブロア11や燃料電池1の内部に冷却液を循環させるためのポンプ（図示省略）などの補器類、車輛がバッテリーを有する場合にはバッテリーおよびその充電・放電のコントローラ、車輛の冷暖房装置や灯火類、その他の電装品を含むが、本実施形態では、それらの総体として電気負荷15とする。

【0044】

燃料電池システムの運転状態はコントローラ16により制御する。コントローラ16には燃料電池1の出力を測定する電圧計17、燃料電池1から取り出す電流値を測定する電流計18、燃料電池1の内部温度を測定する温度センサ19等を接続し、それらの測定結果を入力する。また、コントローラ16からは、流量調整弁4、ブロア11、電気負荷15、切替え弁6を制御する信号を出力する。なお、本実施形態においては、燃料電池1の凍結状態を判断する凍結判断手段はコントローラ16に内包される。

【0045】

次に、本燃料電池システムにおける始動運転の制御フローを図2に示す。特に

ステップS 3 からステップS 9 における低温時の始動運転を低温始動運転とする。

【0046】

燃料電池システム停止の状態からキーをONにする操作がなされたら、ステップS 1 において始動運転を開始する。ステップS 2 において、燃料電池1 が凍結しているかどうかを判断する。燃料電池1 の凍結状態の判断は、発電反応に伴う生成水が低温の燃料電池1 により冷却されて凝縮・凝固し、反応ガスが電極面に到達するのを妨げる現象を生じているか否かで行われる。このような現象は、温度が低下するほど発生しやすくなるため、温度で示される閾値を設けることができる。そこで例えば、予め実験的に反応ガスの供給が妨げられる現象が発生する温度閾値を求めておき、環境温度あるいは燃料電池システムがその温度閾値より高い温度であれば常温始動手順が実行可能であり、逆に閾値より低い場合には低温始動運転が必要であることが判断される。ここでは、外気温度センサ20で測定した外気温度により判断するが、燃料電池1 に備えた温度センサ19で測定した燃料電池温度Tにより判断してもよい。なお、燃料電池1 が凍結していないと判断された場合の始動手順をステップS_wとし、ここでは説明を省略する。

【0047】

ステップS 2 において燃料電池1 が凍結していると判断された場合には、ステップS 3 に進み、燃料ガスである水素または水素含有ガスと、酸化剤ガスである空気の燃料電池1 への供給を開始する。次に、ステップS 4 において、燃料電池1 に備えた温度センサ19により燃料電池温度Tを検出する。

【0048】

この燃料電池温度Tを用いて、ステップS 5 において、パルス状に制御する燃料電池1 の負荷電流値のパラメータを電流のパラメータマップより読み込む。ここでは、パルス状電流の持続時間 t_1 (パルス幅 t_1) と、電流の取り出しを停止してから再び開始するまでの時間間隔 t_2 (パルス間隔 t_2) を読み込む。

【0049】

ここで、図3に電流パラメータマップの一例である表を示す。燃料電池温度Tに対して、パルス幅 t_1 、パルス間隔 t_2 を設定する。これらの数字は対象とする

燃料電池 1 の低温運転の実験を予め行い決定しておく。例えば、燃料電池 1 をある温度 T_i (ここでは、 $i = 1 \sim 8$) に保ったまま負荷電流をパルス状に制御して発電する実験を行い、その際にパルス状電流の持続時間と時間間隔を変数として変化させる。パルス状電流の持続時間が長すぎる場合、あるいは、時間間隔が短すぎる場合には、カソード極 9 で凝縮あるいは凝固する純水量が、プロア 11 によりカソード極 9 に供給される空気によりカソード極 9 から除去される純水量より多くなる。このような状態で発電を継続すると、やがてはカソード極 9 に留まった純水が、空気が電極触媒面に到達して発電反応に寄与するのを妨げるようになる。このような純水、特にカソード極 9 で生成される生成水によってガスの運搬が妨げられる現象が発生しない上限の持続時間 t_1 と時間間隔 t_2 を、図 3 に示すパルス幅 t_1 、パルス間隔 t_2 の値として採用する。

【0050】

本実施形態では、実験的にパルス幅 t_1 、パルス間隔 t_2 を決定しているが、低温始動運転中の燃料電池 1 における熱移動、物質移動の方程式を作成し、その数値モデル等からパルス幅 t_1 、パルス間隔 t_2 を決定してもよい。なお、その数値を求めた手段によらず、パルス幅 t_1 は燃料電池温度 T が高くなるほど大きくなる傾向を示す。同様に、パルス間隔 t_2 は燃料電池温度 T が高くなるほど小さくなる傾向を示す。

【0051】

また、ここでは、離散的に示された燃料電池温度 T に対するパラメータを定義しているが、方程式等からは、連続的に示された燃料電池温度 T に対するパラメータを求めることもできる。

【0052】

このようにパラメータを求めたら、ステップ S6 において、負荷電流をパルス幅 t_1 、パルス間隔 t_2 のパルス状に制御する。ここで、パルスの高さは取り出す負荷電流値 A を示す。この負荷電流値 A の設定方法は後に図 5 を用いて説明する。

【0053】

このようなパルス状の負荷電流を定期的に取り出し、予め設定した少なくとも

パルス幅 t_1 以上の一定時間内に行われる発電に伴う発熱によって燃料電池 1 を加熱する。ステップ S 7 で一定時間が経過したら、ステップ S 8 に進む。

【0054】

ステップ S 8 においては温度センサ 19 により再度燃料電池温度 T を検出し、ステップ S 9 において検出した燃料電池温度 T が通常運転を行うことができる温度に到達しているかどうかを判断する。ここで、この判断基準は、燃料電池 1 が通常の車輛走行時の温度に到達している必要は必ずしもなく、前述した様な発電反応に伴う生成水が低温の燃料電池 1 で冷却されて凝縮・凝固し、反応ガスが電極面に到達するのを妨げる現象を避けるために、低温始動運転を継続しなければならない状態であるかどうかで判断する。

【0055】

ステップ S 9 で、燃料電池温度 T が通常運転が可能である温度にまで達していなければ、ステップ S 5 に戻り、ステップ S 8 で検出した燃料電池温度 T に応じて新たにパラメータを求めて、燃料電池 1 の昇温を継続する。一方、ステップ S 9 において、通常運転が可能な温度であると判断されたらステップ S 10 に進み、始動運転を終了して通常運転を開始する。

【0056】

ところで、以上に示した様な発電を行う際に、反応ガスをパルス状の電流取り出しに合わせて供給することもできるが、以下に示す様な供給方法を採用することで、効率をさらに向上させることが可能となる。まず、酸化剤ガスの供給に関しては、燃料電池 1 のカソード極 9 に空気を供給するブロー 11 をパルス状の電流負荷取り出しに応じて間欠的に運転するのではなく、連続的に流量を維持した状態で運転する。そのため、空気を供給するブロー 11 またはコンプレッサ等を負荷電流に応じて制御する必要がない。

【0057】

ここでは、燃料電池 1 から電流を取り出さない、すなわち発電が行われない際には、カソード極 9 に供給した空気はほとんど発電反応には用いられないが、生成水を下流側に運搬してカソード極 9 を構成するガス拡散電極層、あるいはカソード側ガス流路に停滞させない作用を担っている。カソード極 9 に供給する空気

はプロア 11 で断熱圧縮されるために吸入された外気より温度が高く、一般には水の氷点より高い温度となるので、上記のような生成水排出の作用を持つ。

【0058】

したがって、負荷を付与した時に生成水によって電極面への空気の運搬が一時的に妨げられたとしても、パルス状電流の休止時間となる時間間隔 t_2 の間に生成水がカソード極 9 外に運搬されることにより燃料電池 1 は再び発電可能な状態へと回復する。この空気による回復効果は空気流量が大きいほど顕著であり、回復に要する間隔時間 t_2 を短縮することができる。本実施形態では、パルス状の負荷電流に応じた発電反応で消費される空気の少なくとも 1.8 倍以上、望ましくは 3 倍以上の空気を燃料電池 1 に供給するように制御する。

【0059】

この様にして、カソード極 9 への空気供給を断続的に行うのではなく、燃料電池 1 からの電流取り出しを中断している間の少なくとも一時期は空気を供給して、水詰まりを解消するのが望ましい。

【0060】

一方、燃料ガスとしての水素含有ガスに関しては、発電反応が行われない間の消費を低減することが望まれるが、燃料ガスをパルス状の発電に応じて燃料電池 1 に供給するのは難しい。また、流量調整弁 4 によりパルス状の電流値を時間平均にならした流量の小さい平均負荷電流に応じた流量の燃料ガスを燃料電池 1 に供給することも、流量調整弁 4 の制御分解能の点から比較的難しい。

【0061】

本実施形態では、このような問題を避けるために、低温始動運転開始後に、アノード側の排出ガスの切替え弁 6 を、排出ガスを還流流路 7 を通じて燃料電池 1 の上流側に戻すように設定し、所定量のガスを燃料電池 1 に供給した後、流量調整弁 4 を閉じる。すると、燃料電池 1 のアノード極 2 と還流流路 7 で閉じられたガス溜まりが形成される。パルス状の負荷電流に応じた発電は、このガス溜まり内の水素を消費することで継続される。時間の経過にしたがって圧力センサ 21 により計測されるガス溜まり内の圧力（水素分圧）が所定値、例えば、発電に支障のでない範囲の限界値まで下がったら、再度流量調整弁 4 を開き、所定の水素

ガスをガス溜まりに供給する。この手順を繰り返すことで、パルス状の電流に応じた高い周波数で流量調整弁 4 を制御する必要も、流量調整弁 4 を、定常的に維持できるものの、低い値に設定する必要もなくなり、容易に燃料供給系を制御することができる。なお、この手順における流量調整弁 4 の開・閉のタイミングと、パルス電流の制御とは独立して行うことができる。

【0062】

次に、パルス状の負荷取り出しを行わなかった場合の自己発熱による燃料電池 1 の暖機を行う始動方法と本実施形態との動作の違いを図 4 に示す。図 4 (a) は燃料電池 1 から取り出す負荷電流値、(b) は燃料電池 1 の温度、(c) は燃料電池 1 のセル電圧を示す。

【0063】

まず、従来の低温始動運転を説明する。従来の始動方法の負荷電流値、燃料電池温度、セル電圧を図中の破線で示す。生成水が電極面へのガス流路を塞がないように生成水の量を抑制するために、低電流値 a_0 で発電を開始する。しばらくの間、燃料電池 1 は発電反応を続け、その間に発熱により徐々に燃料電池 1 の温度が上昇する。同時に、徐々に生成水がカソード極 9 のガス流路やガス拡散層に溜まることにより発電反応を妨げ初め、ついには時刻 t_c で発電不能になる。

【0064】

電圧値は、発電を開始する前には開放電圧 V_0 を示し、発電を開始した後は電圧が降下するが、その降下量は電流値が小さいため比較的小さい。しかしながら、生成水により発電反応が妨げられるにつれ電圧は降下し、時刻 t_c において許容される最低電圧値 V_{min} を下まわり電力を取り出し不能の状態に至る。時刻 t_c において電力の取り出し不能となった燃料電池 1 は、電流ゼロの状態をしばらく維持して、カソード極 9 の水詰まりを解除すると電圧を回復して再び発電可能となる。そして、時刻 t_d において再び電流を取り出しはじめ温度上昇が再開する。

【0065】

次に、本実施形態の低温始動方法の動作状態を説明する。低温始動運転が開始された後、燃料電池温度 T を検出する。例えば、燃料電池温度 $T = T_2$ であった

とすると、図3より測定された T_2 に応じたパルス幅 t_{12} 、パルス間隔 t_{22} が読み込まれる。読み込まれたパラメータと、後述する方法で予め設定した比較的大きな負荷電流値 A （パルス高さに対応する）に応じて発電が行われる。このとき、発電時の電圧降下は、電流値が大きいために従来値より大きい。この電圧降下の大きさ、換言すれば、発電効率の悪さにより、本実施形態は従来に比べて単位時間当たりの発熱量が大きい。そのため、燃料電池1を速やかに昇温させることができる。

【0066】

高い電流値の発電によりカソード極9では水が生成されて発電反応を妨げ始めるが、電圧値が最低電圧 V_{min} 程度まで下がるころには、電流の取り出し持続時間 t_{12} が終了して電流がカットされる。電流がカットされると、継続して供給される空気により生成水がカソード極9から運搬される。これにより再び電極面に空気が到達して電圧が回復する。電圧が回復するころに間隔時間 t_{22} が経過し、再びパルス状の発電が開始される。このようにパルス状の電流負荷を与えることが繰り返され、その発電の際に生じる熱により燃料電池1が加温される。本実施形態では大電流を流すことにより発電効率が悪い電流領域を用いているために発熱量が大きく、電流が間欠的であるにもかかわらず従来よりも温度上昇が速い。

【0067】

しばらくこの間欠的な発電が繰り返され、燃料電池1の温度が予め設定した T_3 に到達すると、再びマップからパルス幅 t_{13} 、パルス間隔 t_{23} が読み込まれる。燃料電池温度 T が T_2 から T_3 に上昇しているため、生成水により発電反応が妨げられるまでの時間が長くなり、パルス幅 $t_{13} > t_{12}$ となる。また、同じく発電が妨げられてから再度発電が可能になるまでの回復時間も短くなるため、パルス間隔 $t_{23} < t_{22}$ となる。パルス幅 t_1 で示される流持続時間 t_1 が長く、パルス間隔 t_2 で示される間隔時間 t_2 が短いので、燃料電池1における発電時間の割合が大きくなり、燃料電池1の温度上昇はより速やかなものとなる。

【0068】

同様に温度が T_4 まで到達すると、持続時間 t_1 はより長い時間 t_{14} に制御され、間隔時間 t_2 はより短い t_{24} に制御される。このように時間の経過にしたがつ

て温度上昇が早くなり、最終的に任意の電流を取り出しても生成水により発電が妨げられない温度 T_e まで到達したら低温始動運転を終了する。なお、燃料電池温度 T の上昇は 0°C の状態で一旦停止するが、これは燃料電池 1 内の氷が解凍されるため、発電で発生した熱が解凍の潜熱として奪われ、顕熱として温度上昇に寄与しないためである。

【0069】

次に、低温始動運転におけるパルス状電流の電流値 A の決定方法について説明する。図 5 は、燃料電池 1 の代表的な特性図である電流—電圧の関係図で $I-V$ カーブと通称される。

【0070】

ここで、電圧値 V_t は水素の酸化反応によるエネルギー放出量から求められた理論値であり、発電効率は実際の電圧 V を V_t で割った値で示される。発電で放出されるエネルギーのうち、電池の電圧 V にならない分のエネルギー、図中 5 1、5 2 が熱として放出される。電流値が大きくなるほど発電で得られる電圧値は降下し、燃料の消費量が同じであっても熱になるエネルギー量が増える。電圧の降下は高電流領域、図中 5 3 において顕著となるが、これは燃料電池 1 の反応面に反応ガスが拡散する速度に対して反応で消費される単位時間当たりのガス量が大きくなることにより、反応速度が反応ガスの拡散に律速されるためである。このときの拡散に律速される電圧降下を拡散過電圧という。本実施形態のパルス状電流の電流値 A は、この拡散過電圧が支配的となる拡散過電圧電流領域 5 3 付近となるように選択される。なお、従来の低温始動運転では電流が比較的小さい領域 5 4 付近に制御されているため、発熱量 5 1 は本実施形態の発熱量 5 2 に対して小さくなる。

【0071】

このように、燃料電池 1 の特性に基づき拡散過電圧による電圧降下が顕著となる領域の電流値に制御することで、発電に伴って発生する熱量が大きくなるように運転でき、燃料電池 1 の昇温を速やかに行うことができる。

【0072】

また、 $I-V$ 特性は燃料電池 1 の状態によって異なり、特に低温で反応の活性が

下がっている場合や、燃料電池 1 の一部が凍結している場合には特性が悪くなり、標準的状态 55 に対して全体的に電圧値が小さくなる特性悪化状態 56 のような特性を示すこともある。燃料電池 1 の特性が悪化している場合には、パルス状電流の電流値 A をそのときの特性の拡散過電圧電流領域 57 付近になるように制御する。拡散過電圧電流領域 53、57 では電圧が極端に低下することを利用して、電圧が予め設定した閾値 V_{min} 、例えば 0.3 ~ 0.5 V まで下がるように電流値を制御することでパルス状の電流値 A を決定することもできる。

【0073】

このように、燃料電池 1 から大電流を断続的に取り出すように負荷を調整するので、低電流を定常的に燃料電池 1 から取り出す場合と比べて、発電時の反応効率を下げるができる。このため、同一時間内の発電反応で消費する反応ガスの物質量を同一とした場合、低電流を定常的に取り出す場合よりも発熱量が大きくなり、燃料電池 1 の温度上昇を速やかに行うことができる。このとき、予め実験的に求めておいた制御目標値に応じて大電流の持続時間 t_1 および間隔時間 t_2 を設定するので、カソード極 9 のガス流路を閉塞しない負荷電流に容易に設定することができる。

【0074】

また、燃料電池温度 T が低いほど持続時間 t_1 を短くすることで、生成水がガス流路を閉塞するのを抑制することができる。同様に燃料電池温度 T が低いほど間隔時間 t_2 を長くすることで生成水がガス流路を閉塞するのを抑制することができる。

【0075】

次に、第 2 の実施形態について説明する。ここでは、システムの構成や基本的な動作原理は第 1 の実施形態と同様とするが、パルス状の放電を制御するロジックが異なっている。図 6 に本実施形態の制御フローを示す。

【0076】

ステップ S6-3 までの手順は図 2 におけるステップ S3 と同様である。ステップ S6-4 で電流値が目標値 A まで上げられ、直後のステップ S6-5 で電圧計 17 により燃料電池電圧 V を測定する。次にステップ S6-6 で電圧値 V と予

め設定した閾値 V_{\min} とを比較し、電圧値 V が閾値 V_{\min} 以上である場合は電流の取り出しを続け、ステップ S 6-5 に戻る。ステップ S 6-6 で電圧値 V が閾値 V_{\min} より小さくなった場合は電流を遮断し、一定時間電流の取り出しを停止する。なおこの休止時間の間も第 1 の実施形態と同様にカソード極 9 には空気を供給する。

【0077】

本実施形態における電流・電圧値の時間変化を図 7 に示す。電流を取り出し、生成水により反応が妨げられて電圧が降下し、 V_{\min} まで降下すると電流を遮断する。その後、カソード極 9 に停滞していた純水を空気の流れによって運搬して電圧が回復する過程を繰り返すことで、適切なパルス持続時間 t_1 で電流を制御することができる。

【0078】

このように、燃料電池 1 の電圧値 V を監視し、負荷電流にフィードバックさせるという制御構成で、生成水がガス流路を閉塞する条件を避けるような電流値に制御することができる。

【0079】

なお、本実施形態では、電圧が V_{\min} まで降下した後一定時間（間隔時間 t_2 ）休止する手順を設けたが、この間隔時間 t_2 を時間の長さで定義する代わりに、電圧が V_0 まで回復したことを検出して再び電流の取り出しを開始するように制御してもよい。これにより、燃料電池 1 をさらにすばやく昇温させることができる。

【0080】

次に、第 3 の実施形態について説明する。ここでは、システムの構成や基本的な手順は第 1 の実施形態と同様であるが、パルス状の電流の制御を燃料電池 1 の温度に基づいて行う替わりに、始動開始からの時刻に基づいて行う。ここでは、コントローラ 16 内にタイマーを備える。

【0081】

本実施形態の制御フローを図 8 に示す。ステップ S 8-1 において始動運転開始と同時にタイマーをスタートして始動開始からの経過時間をカウントし始める

。ステップ S 8-2 において、検出された外気温度によって凍結状態を判断するとともに、外気温度に応じて複数用意された電流パラメータマップのなかから適切なものを選択する。

【0082】

ここで、パルス状電流のパラメータが定義されている電流パラメータマップの例を図 9 に示す。離散的に示された経過時間 t_0 に対してパルス状電流の持続時間 t_1 と時間間隔 t_2 を設定する。始動開始からの経過時間 t_0 が長くなるに連れて燃料電池 1 の温度が上昇し、生成水により発電反応が妨げられる程度が低減される。これにより、経過時間 t_0 が長くなるにしたがって、パルス状電流の持続時間 t_1 は長くなり、時間間隔 t_2 は短くなる。

【0083】

なお、始動開始からの経過時間 t_0 と燃料電池温度 T の関係は、始動開始時の燃料電池 1 の温度、ここでは外気温度によって変化する。始動開始からの経過時間 t_0 が同一の条件で比較すれば、始動開始時の外気温度が低いほどパルス状電流の持続時間 t_1 は短く、時間間隔 t_2 は長くなければならない。これにより、低温時にも水詰まりにより発電反応が不可能となるのを防ぐことができる。このようなパルス状電流の外気温度依存性に追従するために、始動時の外気温度に応じてマップを複数用意する。

【0084】

パルス状の電流を制御しているのは、ステップ S 8-4 からステップ S 8-6 であるが、ここでは始動開始からの経過時間に応じて、上述した図 9 に示したマップからパルス状電流の持続時間 t_1 と時間間隔 t_2 を読み出し、それに応じてパルス状の負荷電流を制御している。ステップ S 8-9 で、燃料電池 1 が通常運転可能な状態と判断されるまでは、始動時間からの経過時間に応じてマップ図 9 からパルス状電流のパラメータ t_1 、 t_2 を読み出して負荷電流値を制御するステップを繰り返す。

【0085】

このように、経過時間 t_0 が長くなるにしたがい持続時間 t_1 を長くすることで、生成水がガス流路を閉塞するのを避けるような発電時の電流値の制御を、燃料

電池 1 の温度センサ 19 を省略した単純な制御系において実現することができる。また、経過時間 t_0 が長くなるにしたがい間隔時間 t_2 を短くすることで、上記と同様の効果が得られる。

【0086】

また、外気温度が低いほど持続時間 t_1 を短く設定することで、生成水がガス流路を閉塞するのを避けるような発電時の電流値の制御を、外気温度の影響を加味して正確に実現できる。したがって、発熱量を限界の上限に近い値まで増やすことができるので、低温始動時間をより短縮することができる。外気温度が低いほど間隔時間 t_2 を長く設定することで、上記と同様の効果を得ることができる。

【0087】

次に、第 4 の実施形態について説明する。図 10 は本実施形態の燃料電池システムの構成図である。基本構成は図 1 と同様であるが、ここでは、燃料電池 1 の冷却循環系 101 から分岐されたライン 102 の途中に電気ヒータ 103 を設ける。なお、電気ヒータ 103 には図示しないバッテリーから電力線 104 を通じてエネルギーを供給する。

【0088】

第 4 の実施形態の燃料電池システム始動時の動作状態を図 11 に示す。図 11 (a) が燃料電池 1 の負荷電流、(b) が燃料電池温度 T 、(c) が電気ヒータ 103 の発熱量（消費電力）を示している。ここでは、始動開始から燃料電池 1 が水の凝固点に到達するまでの間は電気ヒータ 103 によって燃料電池 1 を加温し、凝固点付近の温度からそれ以上の温度に昇温される際には発電による自己発熱により加温する。

【0089】

低温始動の際に燃料電池 1 の加熱に用いられるエネルギーは、燃料電池 1 の温度を上昇するための顕熱分と、水を解凍する潜熱分に分類することができる。ここでは、潜熱分のエネルギーの割合のほうが顕熱分よりも大きい。

【0090】

電気ヒータ 103 は燃料電池 1 の温度状態に関係なく熱を発生することができる

る。このため、生成水により発電反応が妨げられ易い氷点下の温度域においては、電気ヒータ 103 の発熱量さえ確保しておけば、燃料電池 1 の発電に伴う自己発熱よりも速やかに燃料電池 1 を加温することができる。しかしながら、電気ヒータ 103 の電力は全てバッテリーから供給されるため、解凍のための潜熱分も含めて電気ヒータ 103 で加熱するためには多大な電気容量が求められる。その結果、バッテリーが大きくなり、特に車輻に搭載するにあたっては問題が大きい。

【0091】

そこで本実施形態では、始動開始から氷点までの顕熱分の加温を行う際には電気ヒータ 103 を用い、潜熱分の解凍の際には燃料電池 1 からパルス状に電流を取り出す。潜熱分を加熱する際には燃料電池 1 自身が発熱しているため、バッテリーの電力を消費しないことはもとより、補器類の駆動電力を燃料電池 1 で賄うことができる。また、電気ヒータ 103 の発熱で消費した電力をバッテリーに対して充電できるなどの効果が得られる。

【0092】

なお、燃料電池温度 T が氷点以上の領域では、発電の持続時間 t_1 を長く、間隔時間 t_2 を短くとることができるので、燃料電池 1 の自己発熱により速やかに昇温することができる。また、本実施形態では、電気ヒータ 103 を用いたが、燃料電池 1 以外をエネルギー源とする加熱装置であればよい。

【0093】

このように、燃料電池 1 に供給される燃料ガスおよび酸化剤ガス以外のエネルギー源を用いて燃料電池 1 を加温する手段を有するので、燃料電池 1 の発電による自己発熱だけで燃料電池 1 を加温・解凍するときに比べると、燃料電池 1 の低温始動時間を短縮することができる。

【0094】

特に、低温始動運転開始時から燃料電池 1 の温度が氷点付近に達するまでの期間は、外部からのエネルギー投入による加温装置、ここでは電気ヒータ 103 により燃料電池 1 を加熱するので、燃料電池 1 による自己発熱が困難な温度領域でも速やかに燃料電池 1 を昇温することができる。また、燃料電池 1 による自己発熱が比較的簡単な氷点付近からは、発電に伴う熱を用いて燃料電池 1 を加温するの

で、燃料消費を低減できるとともに、加温に用いられなかったエネルギーを電力として利用することができる。

【0095】

なお、本発明は上記の実施の形態に限定されるわけではなく、特許請求の範囲に記載の技術思想の範囲内で様々な変更が成し得ることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施形態における燃料電池システムの構成図である。

【図2】

第1の実施形態における始動運転時の制御フローである。

【図3】

第1の実施形態における電流パラメータマップである。

【図4】

第1の実施形態における負荷電流に対する燃料電池温度および電圧値を示す図である。

【図5】

第1の実施形態に用いる燃料電池の特性図である。

【図6】

第2の実施形態における始動運転時の制御フローである。

【図7】

第2の実施形態における電流値に対する電圧値を示す図である。

【図8】

第3の実施形態における始動運転時の制御フローである。

【図9】

第3の実施形態における電流パラメータマップである。

【図10】

第4の実施形態における燃料電池システムの構成図である。

【図11】

第4の実施形態における電流および電気ヒータ制御に対する燃料電池の温度を

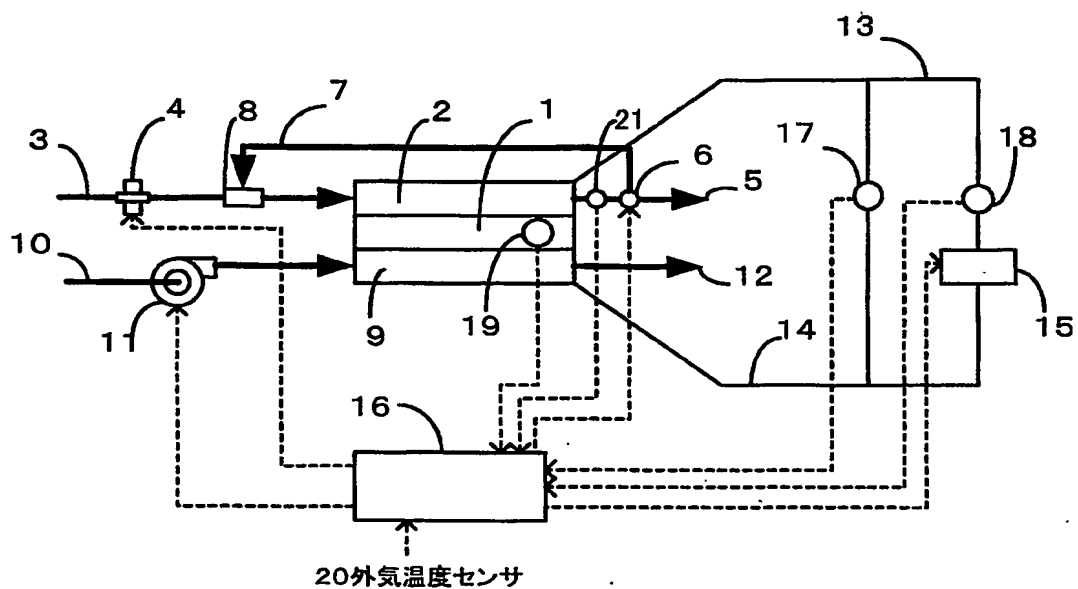
示す図である。

【符号の説明】

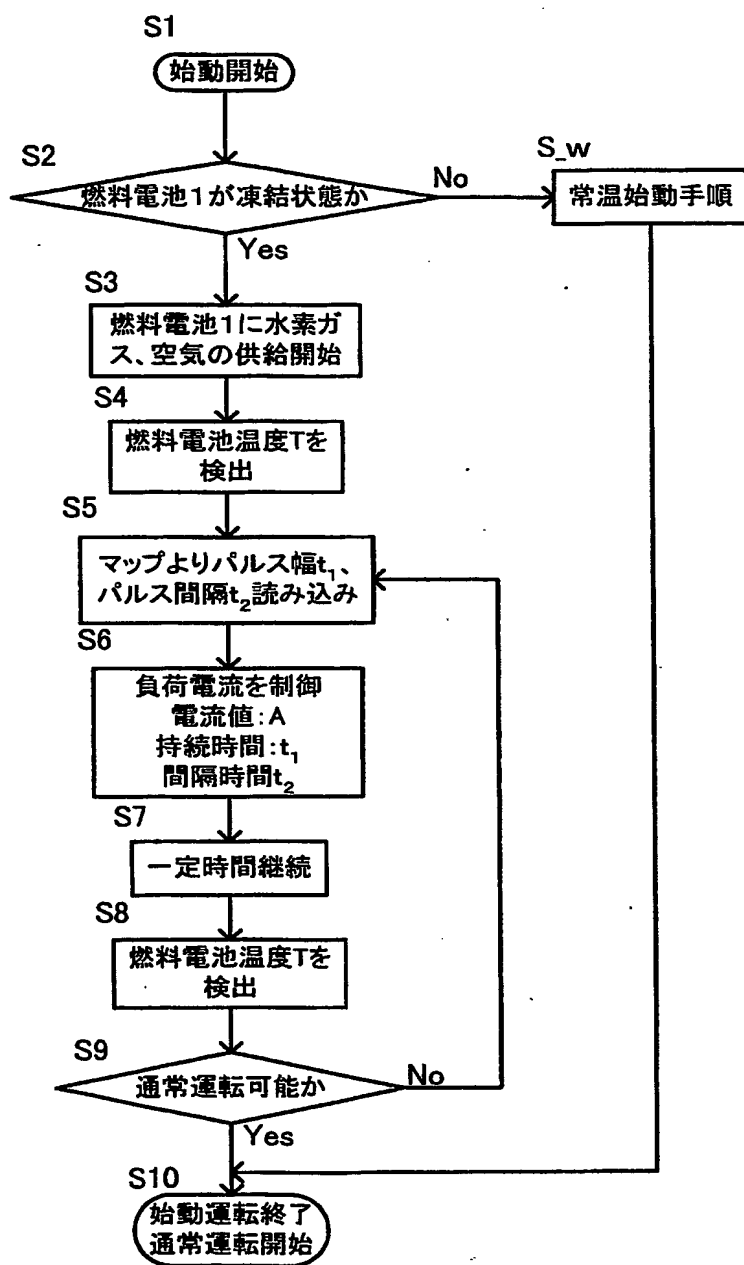
- 1 燃料電池
- 2 アノード極
- 4 流量調整弁
- 6 切替え弁
- 7 還流流路
- 9 カソード極
- 15 電気負荷
- 16 コントローラ
- 17 電圧計（電圧検出器）
- 18 電流計
- 19 温度センサ（燃料電池温度センサ）
- 20 外気温度センサ
- 21 圧力センサ

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



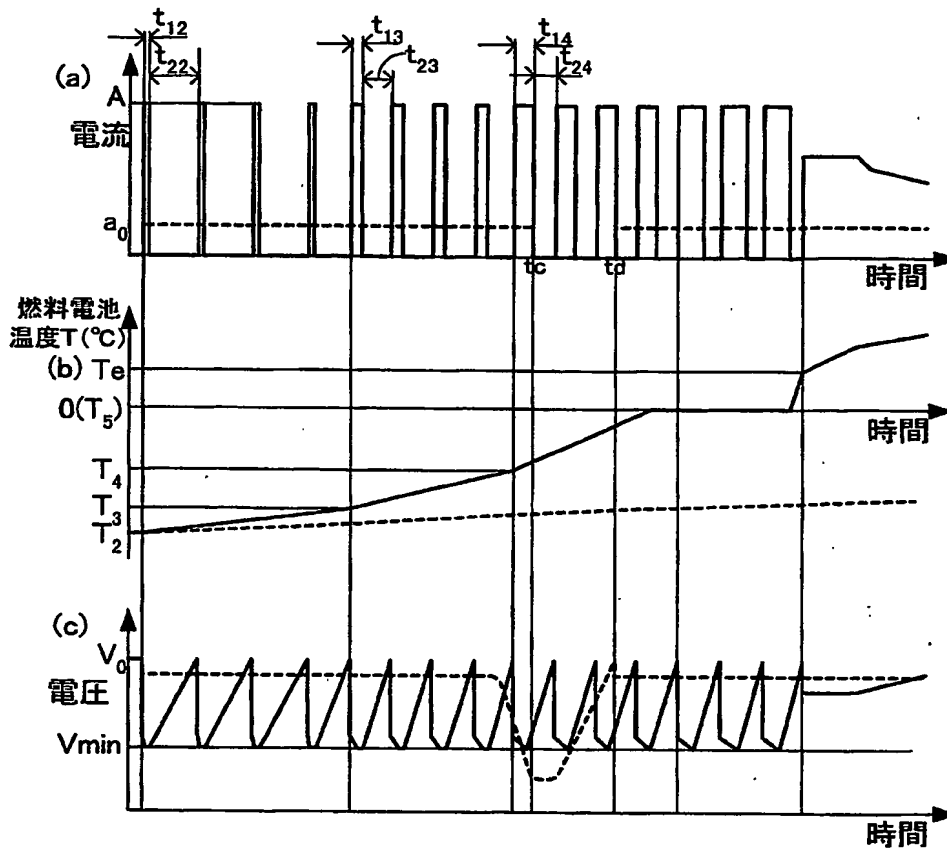
【図 3】

燃料電池 温度 $T(^{\circ}\text{C})$	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
パルス幅	t_{11}	t_{12}	t_{13}	t_{14}	t_{15}	t_{16}	t_{17}	t_{18}
パルス間 隔	t_{21}	t_{22}	t_{23}	t_{24}	t_{25}	t_{26}	t_{27}	t_{28}

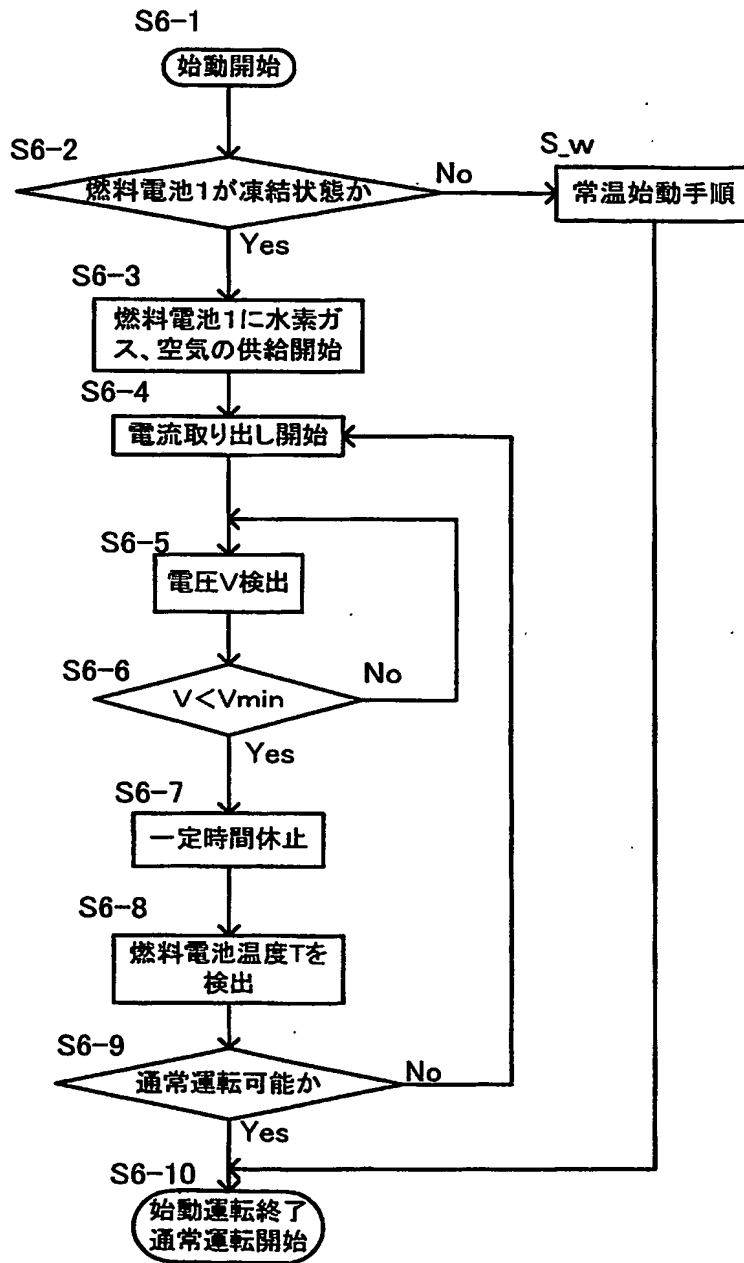
$$t_{11} < t_{12} < \dots < t_{17} < t_{18}$$

$$t_{21} > t_{22} > \dots > t_{27} > t_{28}$$

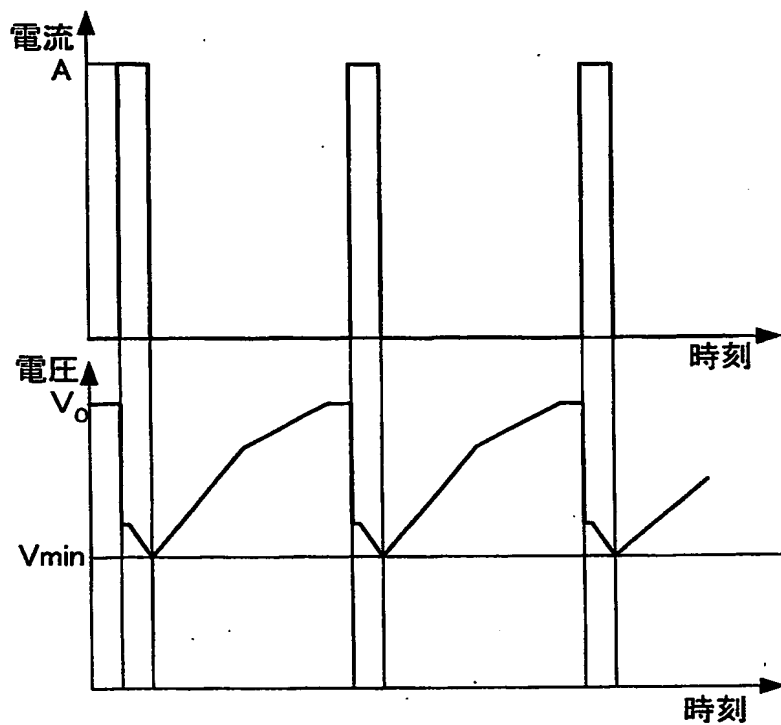
【図 4】



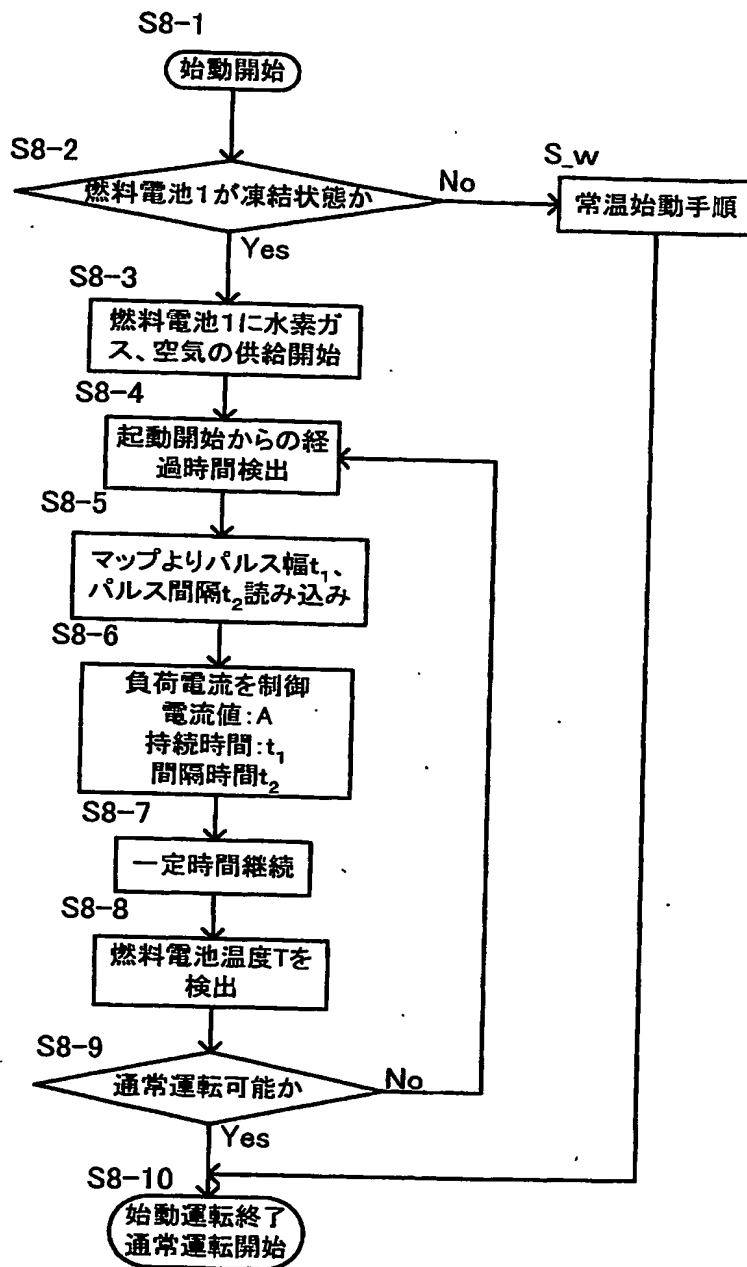
【図 6】



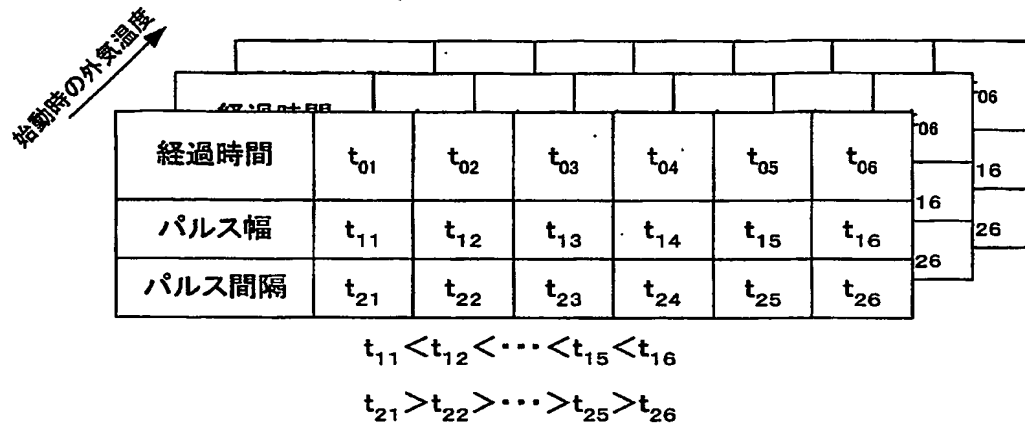
【図 7】



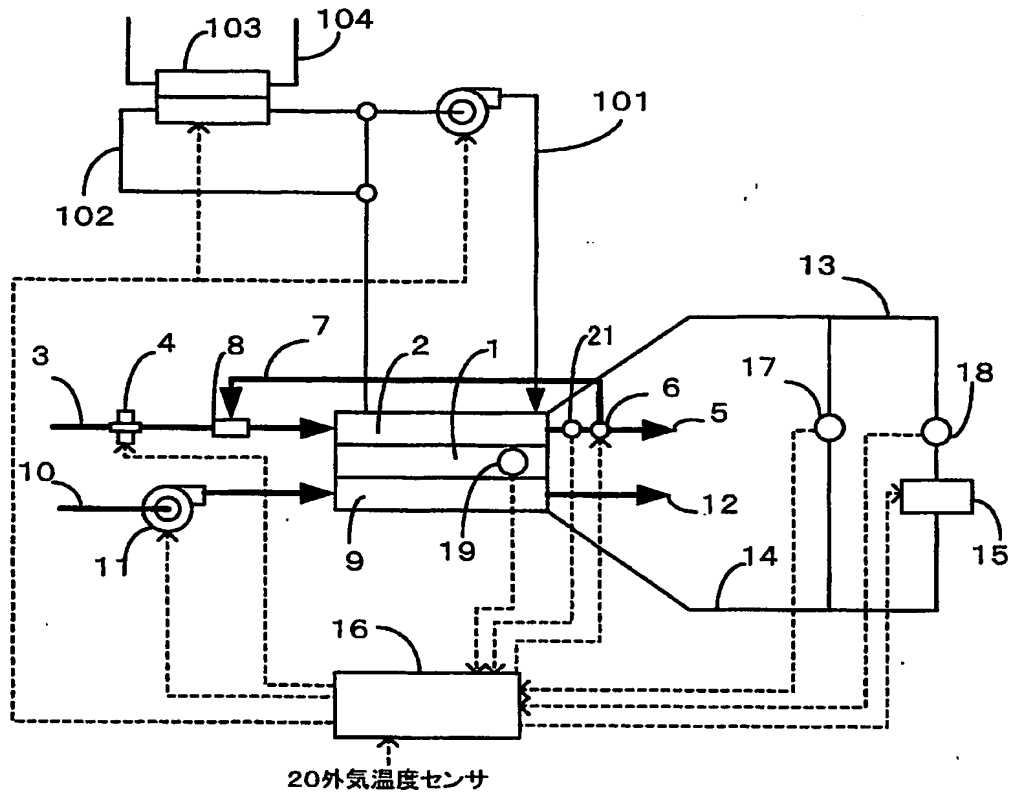
【図 8】



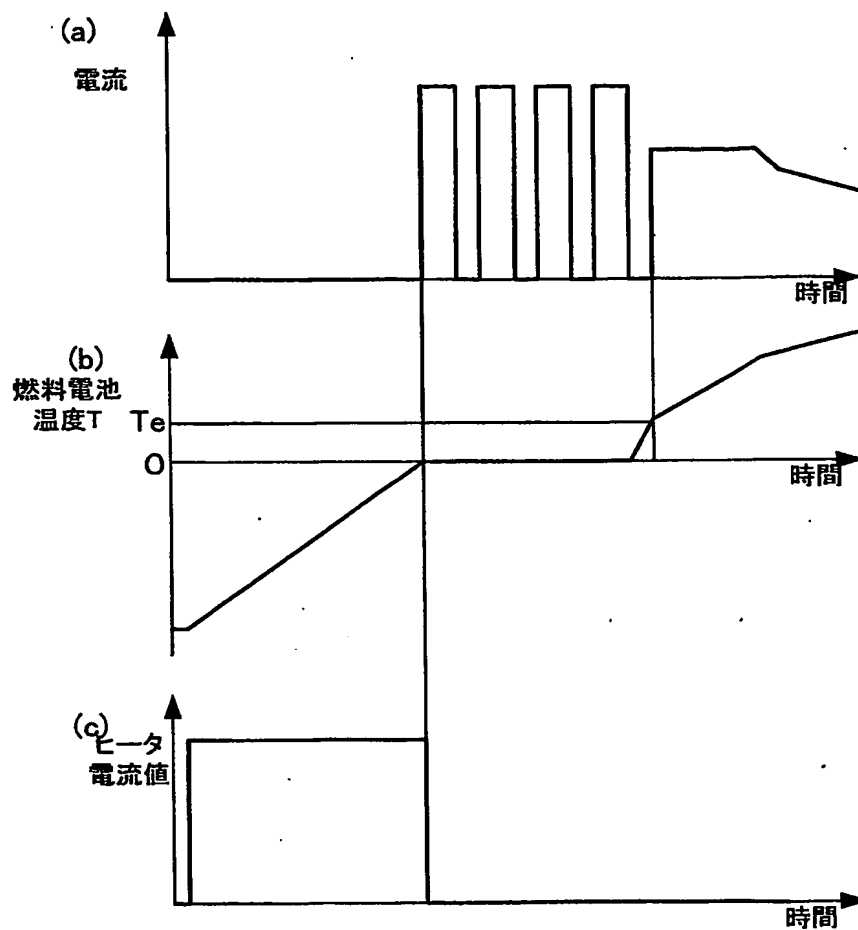
【図 9】



【図10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低温領域でも短時間で始動できる燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 固体高分子型燃料電池システムにおいて、ガス流通路を通して発電面に供給される水素含有ガスと酸化剤ガスを用いた、水の生成を伴う反応により発電を行う燃料電池 1 と、電気負荷 15 を含む、燃料電池 1 から電流を取り出す電気回路 13、14 と、燃料電池 1 から取り出す電流値を制御するコントローラ 16 と、燃料電池 1 の凍結状態を判断する凍結判断手段と、を備え、燃料電池 1 が凍結していると判断されたら、燃料電池 1 から電流をパルス状に取り出す。

【選択図】 図 4

特願2002-185889

出願人履歴情報

識別番号

[000003997]

1. 変更年月日
[変更理由]

1990年 8月31日

新規登録

住 所
氏 名

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
日産自動車株式会社